

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ФАСОННЫХ РЕЗЦОВ

Козлов В.Н.¹, Ван Ш.², Пань Ц.³, Прабово Х.⁴, Кумар Р.⁵

¹НИ ТПУ, ИШНПТ, доцент ОМШ,

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru;

²НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 154A01,

E-mail: vs08@tpu.ru;

³НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 154A02,

E-mail: pc01@tpu.ru;

⁴НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 4AM21,

E-mail: harimurti@tpu.ru;

⁵НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 4AM21,

E-mail: kumarroh@tpu.ru

Для обработка фасонных поверхностей в настоящее время вместо копировальных станков используются станки с ЧПУ, для которых обработка фасонных поверхностей на поверхности детали не представляет особых проблем (рис. 1, а).

Однако при малой протяжённости вогнутой фасонной поверхности, особенно менее 20 мм (рис. 1, б), приходится использовать фасонные резцы, т. к. в таком месте подрезной резец даже ромбической формы не может поместиться для продольной фасонной отточки с обеспечением положительных углов φ и φ_1 (рис. 1, б).

Фасонные резцы применяют для обработки тел вращения, имеющих наружные или внутренние фасонные поверхности, и работают при радиальной подаче. Обработка этими резцами обычно ведется на станках-автоматах и револьверных станках в условиях крупносерийного или массового типа производств. Для уменьшения силы резания, особенно радиальной составляющей P_y , используются положительные передние углы γ максимально большой величины, которая определяется прочностью режущего клина. Однако применение $\gamma \neq 0^\circ$ приводит к необходимости рассчитывать профиль режущей кромки фасонного резца, т. к. он отличается от профиля детали.

Прежде всего, на чертеже детали необходимо определить наименьший диаметр профилированной поверхности, т. к. будем принимать, что в этой точке передний угол резца будет наибольший и соответствовать оптимальной величине, который зависит от прочности материала заготовки. Эта точка обозначается цифрой 1 (рис. 2), т. е. $r_1 = r_{\min}$.

Все остальные узловые точки нумеруются таким образом, чтобы, чем больше диаметр, тем больше был порядковый номер этой точки. Под узловой точкой понимается точка, в которой происходит соединение двух соседних поверхностей (рис. 2). Чем больше номер, тем больше диаметр заготовки в этом месте, и тем меньше будет передний угол у резца в этой точке (см. рис. 3), поэтому очень важно увеличить передний угол для точки 1.

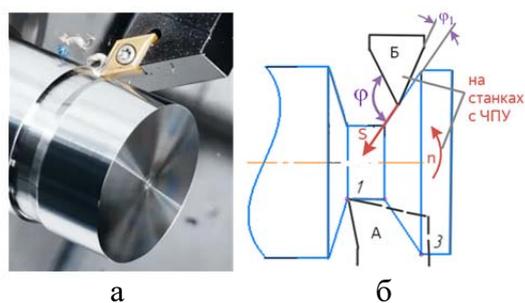


Рис. 1. Обтачивание поверхности на станке с ЧПУ с использованием ромбической СМП (а) и схема оточки вогнутой поверхности при малой ширине зоны обработки (б)

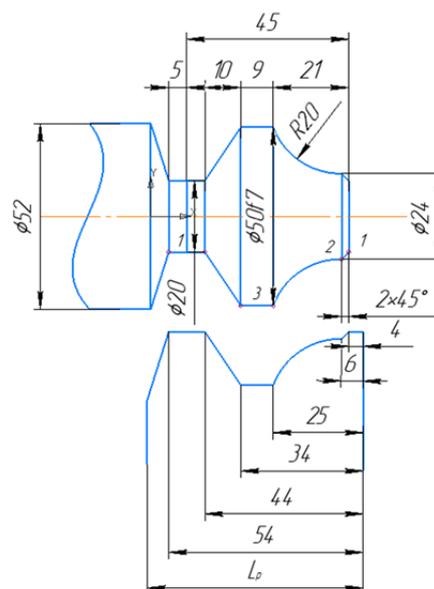


Рис. 2. Контур режущей кромки фасонного резца

Если несколько узловых точек имеют одинаковый диаметр, то величина переднего угла у них будет одинаковой. Поэтому для таких узловых точек часто используется одно и то же число (см. рис. 2).

Для расчёта переднего угла для любой точки вводится размер h для призматических фасонных резцов (рис. 3) и m для круглых фасонных резцов (рис. 4). Величина размера h или m , перпендикулярного к продолжению передней поверхности резца, рассчитывается одинаково по формуле $h(m) = r_1 \times \sin \gamma_1$ как катет прямоугольного треугольника со сторонами A_1 (второй катет) и r_1 (гипотенуза) (рис. 3 и 4).

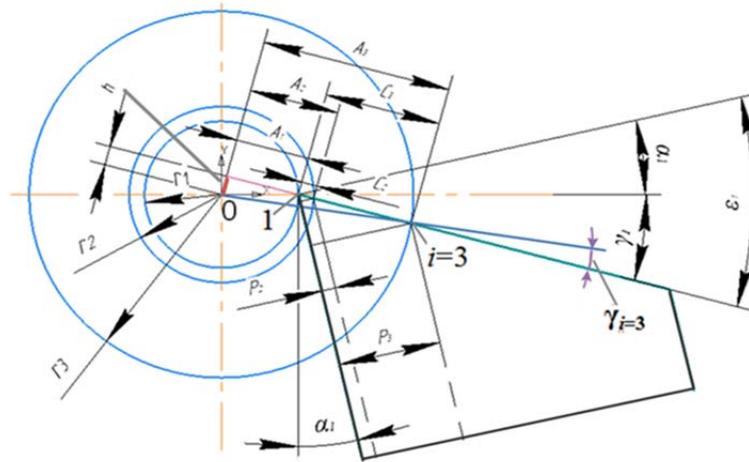


Рис. 3. Положение передней поверхности призматического фасонного резца и обозначение передних углов γ для точек 1 и $i = 3$

Расстояние от точки пересечения этого перпендикуляра до точки 1 вдоль продолжения передней поверхности обозначается символом A_1 (рис. 3 и 4). Её величина рассчитывается по формуле $A_1 = r_1 \times \cos \gamma_1$.

Величину переднего угла в точке 2 можно рассчитать, исходя из уравнения: $\sin \gamma_2 = h / r_2$. Расстояние A_2 рассчитывается через радиус детали в точке 2 и косинус переднего угла γ второй точки: $A_2 = r_2 \times \cos \gamma_2$.

Расстояние от точки 1 до точки 2 вдоль передней поверхности обозначается символом C_2 : $C_2 = A_2 - A_1$.

Для любой точки i можно рассчитать величины этих размеров: $\sin \gamma_i = h / r_i$, $A_i = r_i \times \cos \gamma_i$, $C_i = A_i - A_1$.

Для того, чтобы рассчитать глубину профиля по задней поверхности P_i у призматического резца, необходимо сначала рассчитать сумму переднего угла γ_1 и заднего угла α_1 в точке 1: $\varepsilon_1 = \gamma_1 + \alpha_1$. Тогда $P_i = C_i \times \cos \varepsilon_1$.

Наиболее сложно обработать профиль задней поверхности призматического резца с требуемыми размерами P_i , перпендикулярными к задней поверхности (рис. 3). Чаще всего производится предварительное строгание профиля по задней поверхности, а затем заднюю поверхность окончательно шлифуют абразивным кругом только с продольной подачей. Абразивный круг предварительно обрабатывается на станке с ЧПУ ромбическим твёрдосплавным резцом до требуемого расчи-

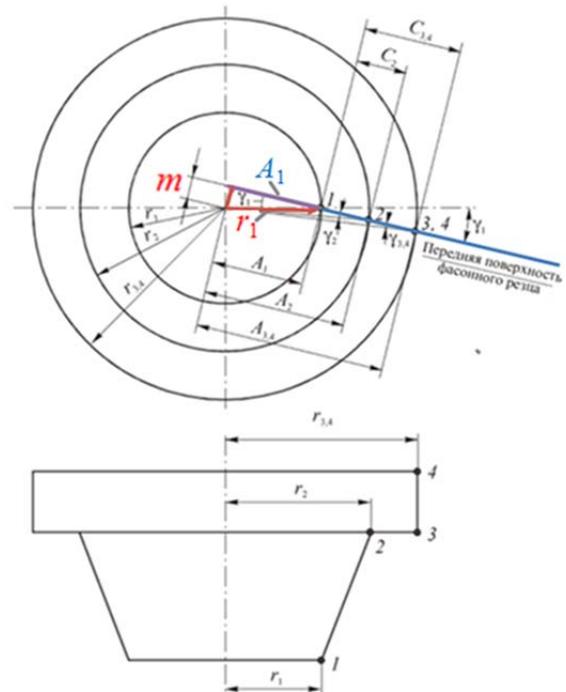


Рис. 4. Положение передней поверхности круглого фасонного резца и обозначение передних углов γ для точек 1, 2, 3, 4

танного профиля с размерами P_i . Скорость резания при обточке круга не должна превышать 30 м/мин.

Для определения наибольшей допустимой величины переднего угла в точке l необходимо определить технологические составляющие $P_{zi=1}$ и $P_{yi=1}$ силы резания в точке l [2], после этого рассчитать нормальную $N_{i=1}$ и касательную $F_{i=1}$ составляющие силы резания, зная величину переднего угла $\gamma_{i=1}$ в рассматриваемой точке $i = 1$ [3], рассчитать основные параметры эпюр нормальной $\sigma_{i=1}$ и касательной $\tau_{i=1}$ контактных напряжений, построить эти эпюры [4], приложить полученную внешнюю нагрузку к передней поверхности фасонного резца.

Силы можно рассчитать по удельным силам резания для рассматриваемого переднего угла γ [2]. Некоторые результаты расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС) режущего клина с передним углом $\gamma = 35^\circ$ при обработке стали 40X резцом с длиной контакта по режущей кромке $b = 2$ мм представлены на рис. 5. В режущем клине в области режущей кромки наблюдаются сжимающие напряжения с их наибольшей величиной $\sigma_z = -1503,8$ МПа.

Сравнение величины наибольшего эквивалентного напряжения $\sigma_3 = 1531,8$ МПа с предельно допустимым на сжатие $\sigma_{\text{в}} = 3350$ МПа и на изгиб $\sigma_{\text{и}} = 3300$ МПа для быстрорежущей стали Р6М5 показывает, что даже при $\gamma = 35^\circ$ и большой радиальной подаче $s_{\text{рад}} = 0,37$ мм/об прочности режущего клина достаточно для выполнения обработки.

Однако при такой большой подаче будут возникать большие силы резания P_z и P_y из-за большой ширины фасонного резца, что может привести к появлению вибрации. Поэтому рекомендуется использовать меньшую подачу $s_{\text{рад}} = 0,11$ мм/об.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

Список литературы

1. Проектирование режущих инструментов, Методические указания и задания к курсовой работе для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения» ИДО / сост. С.В. Кирсанов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 77 с.
2. Козлов В.Н., Дин Ц., Чжан Х. Определение внешней нагрузки для расчёта на прочность режущего инструмента // В.Н. Козлов, Ц. Дин, Х. Чжан / Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции. – Томск, Томский политехнический университет, 2022 – с. 90–93.
3. Козлов В.Н., Дин Ц., Ли В. Исследование распределение контактных напряжений на передней поверхности инструмента при обработке стали / В.Н. Козлов, Ц. Дин, В.Ли / Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции. – Томск, Томский политехнический университет, 2022 – с. 98–101.
4. Козлов В.Н., Чжан Х., Петровский Е.Н. Построение эпюр контактных напряжений на передней поверхности инструмента при обработке стали / В.Н. Козлов, Х. Чжан, Е.Н. Петровский / Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции. – Томск, Томский политехнический университет, 2022 – с. 94–97.

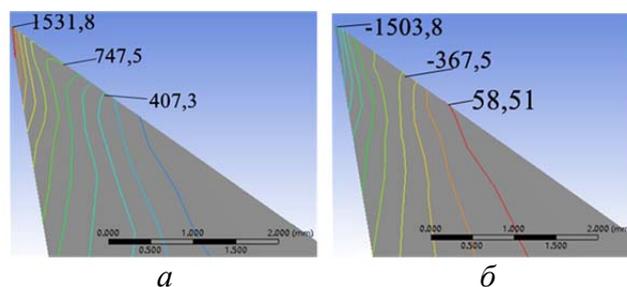


Рис. 5. Распределение эквивалентных σ_3 (а) и нормальных $\sigma_{z \max}$ (б) напряжений (МПа) в остром токарном резце. Сталь 40X – Р6М5, $b = 2$ мм, $\gamma = +35^\circ$, $s_{\text{рад}} = 0,37$ мм/об